

GESCHÄFTSBERICHT

**sma**  **optimising railways**



2020

Die Klimadiskussion ist mittlerweile fester Teil des öffentlichen Lebens. Mit unserer Bilderserie zeigen wir, warum sich für Mensch und Natur langfristig der Umstieg auf die Bahn lohnen muss. Wir sind stolz, mit unserer Arbeit jeden Tag ein kleines Stückchen zum Umweltschutz beitragen zu können.

# Inhalt

<b>5</b>	Editorial
<b>8</b>	Der Fahrplan an sich
<b>14</b>	sma.software: Projektauswahl aus dem Jahr 2020
<b>20</b>	Consulting: Projektauswahl aus dem Jahr 2020
<b>48</b>	Kommunikation
<b>49</b>	Kennzahlen
<b>50</b>	Impressum



# Editorial

Vor einigen Jahren, fragten uns einige externe Stakeholder: Was ist eigentlich der USP von SMA, also das Alleinstellungsmerkmal? *Der eigentliche USP von SMA, so unsere Antwort, ist die Möglichkeit, zwei unterschiedliche Arten von Know-how unter einem Dach zu vereinen: Consulting und Software.* Es geht jedoch nicht darum, Consulting und Software auf eine generische Art und Weise zu verbinden, sondern darum, ein einzigartiges Fachgebiet in einer Nische zu schaffen, das Synergien zwischen diesen beiden Formen von Know-how vereint. Es ist auch ein Teamspiel zwischen zwei «Berufen» und zwei «Kulturen», die sich gegenseitig ergänzen und herausfordern, indem sie ständig Innovation suchen und diese gegenüber der Routine bevorzugen.

Innovation erfordert täglich Phantasie und Einfallsreichtum. Aber Innovation ist nicht einfach. Es geht nicht nur darum, kreativ zu sein, sondern auch darum, diese Ideen umzusetzen, zu realisieren, um neue Dienstleistungen und Produkte auf den Markt zu bringen.

Vor zwei Jahren haben wir in einem einleitenden Artikel zu unserem Geschäftsbericht geschrieben, dass das System Bahn zu verstehen bedeutet, seine Gesamtheit, seine Interaktionen, seine Organisation und seine Komplexität zu verstehen. Verstehen ist dabei die Voraussetzung für weitere Schritte. Komplexitätsmanagement, d.h. die Reduzierung der inhärenten Komplexität des Systems, ist unsere Mission. «First reduce complexity, then digitalise...». Dieses Prinzip könnte der Slogan des integrierten Unternehmens SMA sein. Das bringt die Grundlagen unseres Geschäftsmodells sehr gut auf den Punkt.

Wir freuen uns, Ihnen wieder einmal verschiedene Aktivitäten und Projekte vorstellen zu können, die uns im vergangenen Jahr begleitet haben.

Wir wünschen Ihnen eine angenehme Lektüre unseres Geschäftsberichts 2020.

Eric Cosandey  
CEO, Bereichsleiter Consulting

Thomas Bickel  
Bereichsleiter Software





# Der Fahrplan an sich

**Vom Angebotskonzept zum Betriebsprogramm** Vor einiger Zeit war die Aussage eines erfahrensten Experten für Fahrplan und Betrieb in Europa im ersten Augenblick doch sehr erstaunlich und anschliessend sehr erhellend: «Ich kann auch ohne Fahrplan Eisenbahn betreiben» hat er gesagt und angefügt: «nur würde ich dann sehr viel Kapazität verlieren».

Der Prozess der Fahrplankonstruktion erstreckt sich meist über einen sehr langen Zeitraum, aber schliesslich zielt er immer auf ein durchführbares Betriebsprogramm. Rein äusserlich lässt sich ein Betriebsprogramm allerdings nicht immer leicht von einem Angebotskonzept zur Netzentwicklung unterscheiden.

In beiden Fällen betrachtet man eine Abfolge von Betriebspunkten mit zugehörigen Ankunfts-, Abfahrts- und Haltezeiten. Diese äussere Ähnlichkeit von Fahrplänen lässt es ratsam erscheinen, diese nicht nach ihrer Form, sondern nach alternativen Merkmalen, wie etwa Funktion, Variabilität oder zur Verfügung stehender Information zu kategorisieren.

In einem frühen Planungsstadium, zehn bis zwanzig Jahre vor dem Betrieb, sind elementare Parameter wie Nachfrage, zur Verfügung stehende Infrastruktur oder zukünftige Linienführung nicht bekannt oder noch variabel zu bestimmen. Entsprechend ist die Funktion des Fahrplans zu diesem Zeitpunkt grösstenteils kommunikativer Natur und dient der Systemplanung der Eisenbahn. Er ist in erster Linie Grundlage für die Abstimmung der Interessen der verschiedenen Stakeholder aus Politik und Gesellschaft. Zu diesem Zeitpunkt ist der Variantenfächer entsprechend gross.

Ist das erwünschte Mobilitätsangebot der Zukunft genügend konkretisiert, dient der Fahrplan dann der Dimensionierung der Infrastruktur. Zu diesem Zeitpunkt werden optimale Ausbauten im Hinblick auf das erwünschte Angebot identifiziert und geplant. Die Finanzierung muss sichergestellt werden und gesetzliche Bewilligungsverfahren werden angestossen. Auch für die Kommunikation gegenüber der Öffentlichkeit, aus der sich schliesslich die Mobilitätskunden rekrutieren, gewinnt der Fahrplan zu diesem Zeitpunkt an Bedeutung.

Später, wenn die zur Verfügung stehende Infrastruktur bekannt ist, dient der Fahrplan der Optimierung der Kapazitätsnutzung. Hohe Frequenzen und geringe Reisezeiten zwischen Abfahrts- und Ankunftsorten sollen unter Ausnutzung von Netzwerkeffekten mit möglichst geringen Personal- und Rollmaterialressourcen realisiert werden. Andere Kapazitätsnutzer, vor allem Bau- und Unterhaltsarbeiten, müssen zu diesem Zeitpunkt in die Betrachtungen schon pauschal einbezogen werden, obwohl weder geographisch noch zeitlich genügend Information für eine logistische Planung zur Verfügung steht.

Spätestens zu diesem Zeitpunkt geraten Aspekte zur Überprüfung der Fahrbarkeit verstärkt in den Fokus. Auch die Öffentlichkeit erwartet nun Auskunftsfähigkeit zu verkehrlichen Aspekten des Angebots, welche über den Fahrplan kommuniziert werden.

Auf dem Weg zum Betriebsprogramm dient der nun vorliegende Fahrplan als Gerüst, das zunehmend verfeinert wird. Für die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) ermöglicht er die spätere Umsetzung eines effizienten Ressourceneinsatzes, der sich durch optimierte



Rollmaterial- und Personalumläufe auszeichnet. Für die Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) dient er zudem als Schnittstelle für essentielle Untersuchungen zur Robustheit und für die Konzeption und Planung weiterer Kapazitätskonsumenten, insbesondere von Bau- und Unterhaltsarbeiten. Je näher der Zeitpunkt des Betriebs rückt, desto mehr belastbare Informationen zu Infrastruktur und Kapazitätsbelegung sind jetzt verfügbar. Zudem wird der Variantenfächer kontinuierlich verkleinert und mündet schliesslich im Tagesfahrplan oder eben dem Betriebsprogramm.

**Die Sache mit der Automatisierung** Anhand dieser idealisierten Prozessskizze wird deutlich, dass der Fahrplan im Verlauf eines langjährigen Prozesses sehr verschiedene Funktionen erfüllt und je nach Fortschritt in Richtung Betriebsprogramm mit erheblichen Informationslücken und Unsicherheiten umgehen muss. In den letzten Jahren wurden einige bedeutende Anstrengungen unternommen, sowohl in der Disposition als auch in der Fahrplankonstruktion einzelne Arbeitsschritte oder gar den ganzen Prozess zu automatisieren.

Die Erfolge sind, gemessen an den Ambitionen der Industrie, eher bescheiden. Immer wieder wurden Programme aufgesetzt, deren Ziel es ist, «alles zu automatisieren». Mit einem Blick auf die vielfältigen Funktionen, die der Fahrplan in seinem Life Cycle zu erfüllen hat, scheinen solche Programme nicht nur übermässig ambitioniert, sondern im Hinblick auf ihren Scope auch ungenügend analysiert. Dies erschwert unter Umständen die Bewertung des Fortschritts und später des Resultats im Hinblick auf eine Kosten-Nutzen-Analyse.

Ein unerwünschter Nebeneffekt solcher Programme besteht darin, dass sie, mit dem Verweis auf ihren universalen Lösungscharakter, dazu benutzt werden können, nötige Schritte zur Verbesserung der aktuellen Prozessunterstützung zu vernachlässigen. Wenn schliesslich erkannt wird, dass die Programme dann nicht den erhofften Erfolg bringen, ist meist sehr viel Zeit vergangen, innerhalb derer, mit kleinerem Einsatz der Mittel, substantiellere Erfolge hätten erzielt werden können.

Wenn man die breitere, öffentliche Debatte zur Automatisierung verfolgt, wird klar, wie schwierig es für Nicht-Experten ist, das zurzeit Mögliche von dem noch nicht Erreichbaren zu unterscheiden. Gerade jetzt werden zum Beispiel alle Versprechen zu den selbst-fahrenden Autos revidiert und in die ferne Zukunft verschoben. Die Struktur der spezifischen Funktion, die automatisiert werden soll, kann sich von Fall zu Fall erheblich unterscheiden und während einige Ziele heute schon erreichbar sind, mag es für andere erst in der ferneren Zukunft eine Lösung geben.

Dabei treten grosse Hürden häufig an ganz unerwarteter Stelle auf. Zum Beispiel hat es sich mehrfach herausgestellt, dass Information, die ein Algorithmus für einen Automatisierungsschritt zwingend benötigt, gar nicht oder nicht in ausreichender Qualität verfügbar ist. Ein Mensch kann in diesem Fall mit vorhandenem Wissen innerhalb der Organisation diese Lücke schliessen, ein Algorithmus nicht.

Der frühe Fahrplankonstruktionsprozess zum Beispiel, der sich durch eine breite Variantenvielfalt und nur unvollständig vorliegende Information auszeichnet sowie in erster Linie der Abstimmung der Interessen verschiedener Stakeholder-Gruppen dient, scheint der Automatisierung bei genauerer Analyse noch auf sehr lange Zeit hinaus verschlossen zu sein.

Aber auch Prozessschritte, die näher am Betriebsprogramm liegen, bei denen es im Wesentlichen nur noch um die automatisierte Auflösung betrieblicher Konflikte geht, entziehen sich bis heute aus Gründen der benötigten Rechenzeit je nach Grösse des betrachteten Netzes, einer absehbaren Lösung. Schliesslich ist dieses Problem im Allgemeinen, wie schon seit einiger Zeit bekannt, mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht in polynomieller Zeit lösbar.

Lediglich im Betrieb selbst wurden bei der automatisierten Konfliktlösung mittlerweile vielversprechende Fortschritte gemacht. Dies vor allem dadurch, dass im Betrieb die Konflikte üblicherweise nur lokal betrachtet werden müssen und deshalb eine Lokalisierung des allgemeinen Problems realisierbar ist. Im netzweiten Fahrplankonstruktionsprozess ist ein solches Vorgehen auf absehbare Zeit nicht möglich.

**Die Alternative: Ein durchgängiger Prozess** Neben den allgemeinen Gründen, die für eine Automatisierung im Fahrplankonstruktionsprozess sprechen, hat dieser Prozess eine Eigenheit, die den Druck auf eine Entlastung der Ressourcen durch Einsatz von Algorithmen besonders ausgeprägt erscheinen lassen. Im Fahrplankonstruktionsprozess, wie er heute in der Realität zumeist implementiert ist, steigt der Bedarf an Ressourcen beinahe exponentiell mit abnehmender zeitlicher Distanz zum Betrieb. Dies führt dazu, dass der wachsende Planungsbedarf, zum Beispiel durch eine Zunahme der zu berücksichtigenden Baustellen, in der Realität am Ende des Planungsprozesses kaum mehr bewältigt werden kann.

Demgegenüber steht ein Bedürfnis aus Gesellschaft und Politik, zunehmend mehr Verkehr auf die Schiene zu verlagern, da die Eisenbahn heute der Mobilitätsträger mit der besten CO<sub>2</sub>-Bilanz ist. Was kann man also tun, wenn die Bemühungen zur Zunahme der Automatisierung heute nur unzureichend Früchte tragen? Die Glättung des Ressourcenbedarfs, also die Verteilung der Planungsarbeit auf einen längeren Zeitraum zusammen mit einer kontinuierlichen Fortführung der schon erzielten Resultate um Verluste zu vermeiden, kann eine umsetzbare Alternative darstellen.

Obwohl in der jüngeren Vergangenheit immer wieder versucht wurde, digitale Systeme zur Unterstützung eines durchgängigen Fahrplankonstruktionsprozesses zu implementieren, ist dieses Unterfangen bis heute nicht wirklich gelungen. Zwei Hauptprobleme haben diese Bemühungen bis jetzt faktisch zum Scheitern verurteilt:

Das erste ist regulatorischer Natur. Wenn die EVUs bei der Kapazitätsvergabe das Recht haben, Trassen ohne Rücksichtnahme auf die Gesamtkapazitätsoptimierung anzumelden, spielt die Planung der Infrastrukturmanager im Vorfeld dieses Prozessschritts faktisch eine untergeordnete Rolle. Dieses Recht, welches dem Gedanken einer Steigerung des

Wettbewerbs von Verkehrsleistungen auf der Schiene geschuldet ist, steht dem heutigen Bedürfnis einer Zunahme des Verkehrs auf der Schiene entgegen. Hier ist ein Umdenken auf Ebene Regulierung nötig, um diesen Zielkonflikt zu entschärfen.

Das zweite Problem ist technischer Natur. Aufgrund der Funktion, der Variabilität und der vorliegenden Information entlang des Fahrplankonstruktionsprozesses ist die Granularität des Infrastrukturmodells eine Variable, die angepasst werden muss, um einerseits eine überbordende Verschwendung von Ressourcen in der frühen Phase des Prozesses zu vermeiden und andererseits in den späteren Phasen einen Fahrplan zu konstruieren, in den der Betrieb bezüglich Fahrbarkeit und Stabilität genügendes Vertrauen hat.

Um eine kurz- und mittelfristige Alternative zur Automatisierung zu besitzen, sollte verstärkt versucht werden, diese beiden Probleme einer Lösung zuzuführen.

Die Lösung für das regulatorische Problem könnte in der Einschränkung auf System- oder Katalogtrassen bestehen, die einen Pool aus vorkonstruierten Trassen bilden. Hierzu gibt es schon Bemühungen auf Gesetzesebene, die in diese Richtung zielen.

Das technische Problem könnte dadurch gelöst werden, dass die mikroskopische Überprüfung der Fahrbarkeit, welche als Akzeptanzkriterium des Betriebs an den Fahrplan eine überragende Bedeutung hat, schon sehr früh im Prozess vorgenommen wird. Dadurch wäre es möglich, schon auf Ebene der Fahrplanstudie sicherzustellen, dass der so erstellte Fahrplan in der Zukunft fahrbar ist und somit als Entwurf für später verfeinerte Fahrpläne dienen kann.

Eine frühe Überprüfung der Fahrbarkeit, üblicherweise Jahre bevor der Fahrplan als Betriebsprogramm ausgerollt wird, ist allerdings aus technischer Sicht nicht trivial und in einem System, welches auf rein mikroskopischer Infrastruktur modelliert ist, praktisch nicht durchführbar. Aber ein System, welches makroskopisch modelliert ist und eine Lokalisierung der mikroskopischen Überprüfung der Fahrbarkeit ermöglicht, könnte dieses praktische Problem vermeiden und so die Realisierung eines durchgängigen Prozesses unterstützen.

Eine alternative technische Lösung könnte darin bestehen, dass die mikroskopische Überprüfung der Fahrbarkeit, die ja letztendlich für die Akzeptanz des Fahrplans ein etwas willkürliches darstellt, durch andere Kriterien ersetzt wird, welche zum Beispiel dank mesoskopischen Ansätzen schon netzweite Robustheitskennzahlen beinhalten. Auch hierzu gibt es schon Versuche in der Praxis, die als Proof of Concept zu verstehen sind.

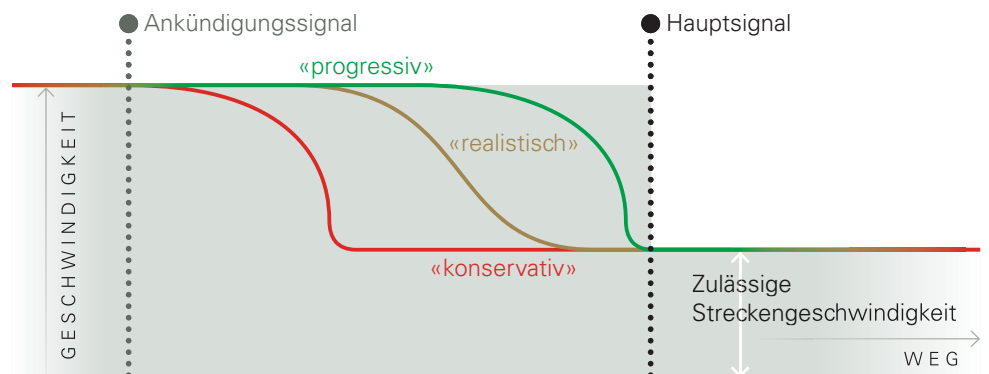
Nun gut, es ist also – wahrscheinlich – möglich, Eisenbahn ohne Fahrplan zu betreiben. Wegen der Dringlichkeit der Verlagerung von Verkehr auf die Schiene, aufgrund der nur beschränkt verfügbaren Kapazität und der hohen Kosten sowie des langen Zeitraums, die ein Ausbau der Kapazität benötigt, ist es erforderlich, Wege zu finden, um die vorhandene Kapazität optimal auszunutzen. Solange dies nicht innerhalb sehr kurzer Zeit automatisch erreicht werden kann, müssen andere, weniger spektakuläre Wege zur Erreichung dieses Ziels gesucht werden.





# sma.software: Projektauswahl aus dem Jahr 2020

**Ergänzung der Zuglauffrechnung (ZLR) mit einer «realistischen Fahrweise»** Seit fünf Jahren kann man bei der Fahrzeitberechnung mittels ZLR zwischen einer «progressiven» und einer «konservativen» Fahrweise wählen. Dabei wird in der «progressiven» Fahrweise immer versucht, die maximal zulässige Geschwindigkeit auszufahren sowie zum frühestmöglichen Zeitpunkt mit der maximalen Zugkraft zu beschleunigen sowie zum spätmöglichen Zeitpunkt mit der maximalen Verzögerung zu bremsen. Dies stellt bezüglich Fahrzeitbedarf das Minimum dar.



Die «konservative» Fahrweise unterscheidet sich beim Bremsverhalten. Bereits bei einer angekündigten tieferen Geschwindigkeit (Vorsignal) wird unmittelbar auf diese Zielgeschwindigkeit reduziert. Bei Ankündigung eines Halts wird auf eine definierbare Geschwindigkeit (z.B. 40 km/h) reduziert, mit der man sich dann dem Hauptsignal annähert. Mit diesen beiden Extremwerten lässt sich die Bandbreite der Fahrweisen ermitteln.

Neu kann man dank der Initiative der SBB auch eine «realistische» Fahrweise auswählen. Als Grundlage für diese neu entwickelte Fahrweise hat die SBB Messungen der tatsächlich realisierten Bremskurven vorgenommen. Mit diesen Analysen konnte die SBB folgende zwei relevanten Parameter identifizieren: Erreichung der Zielgeschwindigkeit x Sekunden vor dem Zielpunkt und Reduktion des Verzögerungswerts auf  $y \text{ m/s}^2$ . Mit diesen beiden neu in der ZLR konfigurierbaren Parametern lässt sich das tatsächliche Fahrverhalten genauer modellieren und auch ein Vergleich zu den beiden Extremwerten der «progressiven» und «konservativen» Fahrweise herstellen, um die Relevanz dieser Extremwerte besser einschätzen zu können.

**SNCB: Import der Makro-Infrastruktur in Viriato** Die SNCB nutzt Viriato für die Erstellung ihres jährlichen Transportangebots und für vorgelagerte Studien. Um den Abgleich der Infrastrukturelemente ihrer Viriato-Datenbanken mit den von Infrabel zur Verfügung gestellten Daten zu gewährleisten, hat die SNCB die Implementierung eines automatischen Imports der letzteren beauftragt. Dank einer ähnlichen Implementierung in ihren anderen Tools will die SNCB damit die Konsistenz der Infrastrukturdaten zwischen ihren Systemen gewährleisten.

Der Import in Viriato basiert auf einer Erweiterung des Standardformats railML 3.1. Dank des Datenmodells von Viriato Enterprise kann dieser Import genutzt werden, um einen neuen Infrastrukturzustand für eine Studie oder einen neuen Zeitraum zu erstellen sowie

die Entwicklung des Netzes entlang der Jahresscheiben des betrachteten Zeitraums zu berücksichtigen. Ausserdem sind der Import einer neuen Infrastruktur und ihre tatsächliche Nutzung durch bestehende Züge in einer Datenbank entkoppelt, was eine Überprüfung der importierten Daten vor der Aktivierung erlaubt.

Die automatische Anpassung der Infrastruktur hat es der SNCB ermöglicht, die Berechnung der mit einem Fahrplan verbundenen Kosten und Trassengebühren zu vereinfachen und somit die Fahrplanvarianten detaillierter zu vergleichen. Die Schnittstelle erlaubt auch einen Massenimport von Fahrplänen und Kapazitätsbeschränkungen aufgrund von Baustellen, die vom Infrastrukturbetreiber angekündigt wurden.

**SNCB: Import von langfristigen Kapazitätseinschränkungen** Auf Teilen des Netzes mit hohem Verkehrsaufkommen haben Unterhaltsarbeiten einen grossen Einfluss auf das Verkehrsangebot. Um diese Folgen besser in den Griff zu bekommen, möchte die SNCB gemeinsam mit dem Infrastrukturbetreiber (EIU) Lösungen für diese Auswirkungen finden, bevor sie Trassen für den Jahresfahrplan bestellt.

Da die SNCB die Trassen des Jahresfahrplans aus Viriato bestellt, hat sie SMA beauftragt, die mit den Unterhaltsarbeiten verbundenen Kapazitätseinschränkungen in Viriato zu integrieren, um deren Auswirkungen abschätzen zu können und nach geeigneten Lösungen zu suchen, die sie dem Infrastrukturbetreiber vorschlagen kann. Diese Integration basiert auf zwei Säulen: zum einen auf dem Modul Viriato Works zur Verwaltung von Kapazitätseinschränkungen und zum anderen auf einem automatischen Import der vom Infrastrukturbetreiber veröffentlichten Streckensperrungen. Ein solch automatischer Import ist aufgrund der grossen Anzahl von Kapazitätseinschränkungen während einer Fahrplanperiode unabdingbar.

Die überlagerte Visualisierung von Kapazitätseinschränkungen und geplanten Zügen erleichtert die Erkennung und Analyse von Konflikten zwischen diesen Elementen. Im Anschluss an diese Analyse ermöglicht die Fahrplangestaltung von Viriato eine einfache Anpassung des Fahrplans. Insbesondere die Massenänderung von Zügen, die Übertragung von Fahrplänen von einem Tag auf andere und die Berechnung neuer Fahrzeiten beschleunigen die Suche nach Lösungen.

Durch die proaktive Analyse der Auswirkungen von Unterhaltsarbeiten auf ihr Transportangebot und einer gemeinsamen Suche nach Lösungen mit dem Infrastrukturbetreiber will die SNCB nicht nur ihre Planung von Rollmaterial und Personalressourcen besser kontrollieren, sondern ihren Kunden auch stabile Fahrpläne vermitteln und damit deren Zufriedenheit steigern.

## LIZENZEN

**Microscopy On Demand (MOD) bei DB Netz** Seit Herbst 2020 setzt die Abteilung Fahrplankonzeptberatung und Markteinführungsmanagement der DB Netz AG Microscopy on Demand (MoD) produktiv ein. Die Mitarbeiter des Kunden werden hierdurch in die

Lage versetzt, bereits in frühen Planungsphasen mit geringem Aufwand teilmikroskopische Untersuchungen durchzuführen. Durch die Integration beider Welten konnten die Effizienz sowie die Planungsgüte erhöht werden. Insbesondere wurde die Durchgängigkeit zwischen makroskopischer Langfristplanung und kurzfristigerer mikroskopischer Planung erhöht, weil schwerfällige Systembrüche vermieden werden und die Anzahl der Iterationen zwischen mikroskopischer und makroskopischer Welt verringert und im Idealfall eliminiert werden. So können wertvolle Ressourcen für die eigentliche Planungsaufgabe eingesetzt werden.

MoD vereint die Stärken von mikroskopischer und makroskopischer Modellwelt, ohne die Nachteile der jeweils anderen Seite in Kauf nehmen zu müssen. So lässt sich auf makroskopischer Ebene die Infrastruktur mit geringem Aufwand modellieren und schnell ein weitestgehend konfliktfreier Fahrplan für eine längere Strecke erstellen. Betriebliche Besonderheiten wie Fahrstrassenausschlüsse mit langen Trennzeiten im Bahnhofsbereich oder Durchrutschwegkonflikte lassen sich aber auf makroskopischer Ebene nicht oder nur sehr aufwendig erkennen.

**SNCF Réseau: Erwerb einer Viriato Enterprise Lizenz** SNCF Réseau hat die Viriato Standard Lizenzen, die von ihren Diensten für die Mittelfristplanung genutzt werden, auf Viriato Enterprise umgestellt.

Dieses Upgrade vereinfacht die Verwaltung des Tools, verbessert die Durchgängigkeit des Austauschs mit den langfristigen Fahrplandiensten, die bereits Viriato Enterprise nutzen, und ist Teil der Strategie von SNCF Réseau, mehrjährige Betriebspläne zu entwickeln, die auf einer einzigen Fahrplanreferenz für mittel- und langfristige Angebots- und Infrastrukturentwicklungsprojekte beruhen.

Darüber hinaus hat SNCF Réseau Lizenzen für das Modul Baufahrplanung erworben, das es ermöglicht, die mit den Unterhaltsfenstern verbundenen Zwänge in die Referenzbetriebspläne zu integrieren und damit eine vollständige Grundlage für die Kapazitätszuweisung in den vorgelagerten Zeithorizonten zu haben.

**DB Engineering & Consulting USA Inc.** DB Engineering & Consulting USA Inc. gehört zum Deutsche Bahn Konzern und ist ein multifunktionales Beratungsunternehmen mit Sitz in Kalifornien, das eine Reihe von spezialisierten Management- und Ingenieurberatungsleistungen zur Unterstützung der Bahnindustrie in den Vereinigten Staaten anbietet. Zu den Kunden gehören staatliche und bundesstaatliche Behörden, Verkehrsbehörden und Betreiber, für die sie ein breites Spektrum an Dienstleistungen erbringt, um den effizienten Betrieb bestehender Bahnstrecken und die optimale Entwicklung neuer Projekte zu gewährleisten. Besonders erwähnenswert ist, dass sie der designierte «Early Train Operator» für das kalifornische Hochgeschwindigkeitsprojekt ist, wo sie dafür verantwortlich ist, dass die vorgeschlagenen Entwürfe und Betriebspläne die Ziele der Projektbeteiligten von Beginn des Betriebs an erfüllen.



Seit 2018 ist SMA stolz darauf, die DB Engineering & Consulting bei ihrer Arbeit durch die Bereitstellung unserer Fahrplansoftware Viriato für den Einsatz in ihren Beratungsprojekten zu unterstützen. DB Engineering & Consulting hat etablierte europäische Planungsprinzipien übernommen, angewendet und im nordamerikanischen Kontext erweitert, um lokal fokussierte Ergebnisse für ihre Kunden zu erzielen. «Im Jahr 2020 mussten wir in Rekordtempo arbeiten, um die unmittelbaren Herausforderungen unserer Kunden zu bewältigen und dann die Managemententscheidungen während einer längeren Periode hoher Unsicherheit zu informieren. Viriato ist ein wichtiger Teil unserer Arbeit und wir haben die Anzahl der Experten und Lizenzen in unserem Team im letzten Jahr verdoppelt», sagt Ulrich Leister, Vizepräsident und Leiter des US-Consulting bei DB Engineering & Consulting.

DB Engineering & Consulting ist nicht nur Anwender von Viriato, sondern auch der Viriato-Vertriebsagent für den nordamerikanischen Markt. Dies ermöglicht DB Engineering & Consulting nicht nur die Lieferung von Fahrplänen, sondern auch die Nutzung von Projekten, um Behörden und Eisenbahnen in die Lage zu versetzen, internes Fachwissen und Werkzeuge zu entwickeln. Durch die lokale Präsenz kann DB Engineering & Consulting First-Level-Support und Schulungen anbieten, die auf die Bedürfnisse der Anwender zugeschnitten sind, während SMA zusätzlichen Support bietet und Viriato auf der Grundlage der gewonnenen Erfahrungen weiterentwickelt.

Dieses Geschäftsmodell stellt beide Seiten vor neue Herausforderungen und es erfordert Flexibilität, um Lösungen für die Probleme zu finden, die bei einer Tätigkeit in geografischen Märkten mit anderen Anforderungen auftreten können. Beispiele für benötigte Lösungen waren die Entwicklung eines Exports von GTFS-Fahrplandaten aus Viriato durch SMA, was besonders in den USA für Verkehrsbetriebe wichtig ist, und die Entwicklung des Modells einer gemeinsamen Datenbank, bei dem DB Engineering & Consulting Pionierarbeit geleistet hat und das zeigt, wie Beteiligte aus mehreren Organisationen an einer einzigen Quelle für Planungsdaten zusammenarbeiten können. Beide Lösungen beinhalten Konzepte, von denen die Anwender in Zukunft weltweit profitieren werden.

Seit Beginn haben SMA und DB Engineering & Consulting eine vertrauensvolle Zusammenarbeit aufgebaut. Wir wissen, dass sie über spezielle Fähigkeiten verfügen und starke Kundenbeziehungen in einem für uns schwer zugänglichen Markt aufgebaut haben. Im Gegenzug arbeiten wir hart daran, auf ihre Bedürfnisse und die ihrer Kunden einzugehen, immer im Bewusstsein, dass sie die Wahl des Lieferanten haben. Wir freuen uns darauf, diese Partnerschaft in den kommenden Jahren weiter zu stärken.

## VIRIATO-SCHULUNGEN







Anzahl externe Schulungen	7 – Deutsch oder Französisch
Anzahl Schulungstage gesamt	21
Anzahl Teilnehmer	ca. 75





# Consulting: Projektauswahl aus dem Jahr 2020

## Unsere Geschäftsfelder

-  Angebot
-  Produktion
-  Betrieb
-  Kapazität
-  Nachfrage
-  Wettbewerbsverfahren



### **Rail Freight Corridor North Sea–Mediterranean (RFC NSM): Proof of Concept – Kapazitätsvisualisierung**

Im Rahmen seiner Rolle als Koordinator von Infrastrukturbetreibern bei der Planung von internationalen Güterzugtrassen und temporären Kapazitätseinschränkungen (TCR) hat RFC NSM SMA beauftragt, die Machbarkeit der Implementierung von Werkzeugen und Methoden zur Kapazitätsvisualisierung und deren Anwendung auf der Ebene internationaler Korridore zu demonstrieren. Am Beispiel des Korridorabschnitts Antwerpen (BE)–Bettembourg (LUX)–Saint-Louis/Basel (FR/CH) untersuchte dieser «Proof of Concept» die Möglichkeiten der Kombination von Fahrplan- und Unterhaltsplanungsdaten aus verschiedenen Ländern in einer gemeinsamen Datenbank.

In diesem kombinierten Beratungs- und Softwareprojekt hat SMA automatisierte Funktionen entwickelt, um den Kapazitätsverbrauch und die Restkapazität von internationalen Fahrplänen zu bewerten. Dabei wurden zwei Algorithmen aus der Viriato Algorithmen Plattform eingesetzt: Der erste ermittelt den Kapazitätsverbrauch durch Komprimierung des Fahrplans und der TCRs auf jedem homogenen Abschnitt, an Kreuzungen und in Bahnhöfen. Der zweite Algorithmus sucht im Basisfahrplan und den TCRs nach verfügbaren Trassen, die die gegebenen Randbedingungen und Leistungsziele erfüllen.

Soweit wir wissen, ist dieser algorithmische Ansatz neuartig und erzeugt eine breite Palette von Visualisierungen und KPIs, die die Harmonisierung zwischen Infrastrukturbetreibern erleichtern können. Der «Proof of Concept» mit RFC NSM wird im ersten Halbjahr 2021 fortgesetzt, um die Kompatibilität und den Abgleich mit dem von RailNetEurope gestarteten Prozess «The Timetable and Capacity Redesign» (TTR) zu demonstrieren.

## BELGIEN



### **Infrabel: Sektor Süd-West 2021, Bewertung der Auswirkungen auf den Fahrplan**

Die Ergebnisse der im Rahmen des Phoenix-Projekts durchgeführten Prüfung des Netzzustands zeigen, dass die Aufrechterhaltung einiger schwach bedienter Linien in Anbetracht der finanziellen Beschränkungen schwierig sein wird. Insbesondere im südwestlichen Bereich, in dem sich die meisten Übergänge zum französischen Netz konzentrieren, wird der Grenzpunkt über den Abschnitt Mons - Quévy der Linie 96 wenig genutzt, kann aber als Ausweichstrecke für den Güterverkehr im Falle von Bauarbeiten eine grössere Bedeutung erlangen.

In diesem Zusammenhang hat SMA eine Analyse der Auswirkungen der Bauarbeiten auf die Kapazität durchgeführt und Fahrplananpassungen vorgeschlagen, um die Güterverkehrstrassen mit den Bauarbeiten kompatibel zu machen. Dies ermöglichte es, den Nutzen des Grenzpunkts Quévy als Umleitungsstrecke im Falle von Bauarbeiten zu bewerten und die Merkmale des Netzes zu ermitteln, die die Ausfallsicherheit gewährleisten.

Über einen vordefinierten Untersuchungszeitraum wurde die Anzahl der von jeder Einschränkung betroffenen Trassen innerhalb des Untersuchungsgebiets ermittelt und der Fahrplan für die Bauarbeiten überarbeitet. Diese Untersuchung wurde alternativ mit und ohne Nutzung der Route über den Grenzpunkt Quévy durchgeführt.

Die Koordination der Bauarbeiten stellt eine grössere Herausforderung dar. Es wurde eine Liste der Infrastrukturfunktionen, ob zusätzlich, zu verbessern oder beizubehalten, festgelegt, um die Ausfallsicherheit zu gewährleisten. Es erfolgte eine Bewertung des Risikos bei einer Nichtnutzung des Grenzübergangs Quévy anhand der Kriterien Fahrzeiten, Anzahl der umzuleitenden Güterzüge und der Fähigkeit der anderen Strecken, diesen Verkehr bei einer Einschränkung infolge von Bauarbeiten aufzunehmen.

## SCHWEIZ



**Compagnie Générale de Navigation (CGN): Konzeption neuer Fahrpläne** CGN bietet öffentlichen Verkehr und touristische Dienstleistungen auf dem Genfersee an. Angesichts der derzeitigen Sättigung der öffentlichen Verkehrslinien hat CGN in neue Schiffe mit höherer Geschwindigkeit investiert, die Naviexpress genannt werden und die es ermöglichen, das regelmässige internationale Angebot zu überdenken. Um diese Entwicklung zu unterstützen, hat die CGN SMA gebeten, sie bei der Bewertung und Ausgestaltung ihres Projekts für ein neues Angebot sowohl auf den ÖV-Linien als auch auf den touristischen Linien zu unterstützen, alles in Abstimmung mit den Zubringerdiensten.

Nach der Modellierung des gesamten See-, Schienen- und Strassen-ÖPNV-Netzes des Untersuchungsgebiets in Viriato schlug SMA zunächst neue Konzepte mit unterschiedlichen Zeithorizonten vor, um die Einbindung des CGN-Netzes in das regionale ÖPNV-Netz zu gewährleisten, begleitet von einer Verbesserung der Lesbarkeit sowie einer Optimierung des Betriebs. Anschliessend erfolgte ein Vergleich sowie eine Kombination mit den von CGN entwickelten Konzepten, um in aufeinanderfolgenden Iterationen zu einem integrierten mittelfristigen Projekt zu gelangen, das beide Arten von Leistungen umfasst und einen realistischen Zeitplan für die Umsetzung vorschlägt.



**SVI/BAV: Taktverdichtung im Bahnverkehr der Schweiz unter Berücksichtigung des Knotenprinzips** Das Angebot des Eisenbahn-Fernverkehrs in der Schweiz ist vom Knotensystem geprägt, welches durch abgestimmte Fahrplanzeiten in den Knotenbahnhöfen kurze Anschlüsse und damit netzweite stündliche resp. halbstündliche Reiseketten mit optimalen Reisezeiten ermöglicht. Im Zusammenhang mit einer künftigen weiteren Verdichtung des Fernverkehrs-Angebots auf 15-Minuten-Takte und dichter, hat SMA in

einer SVI-Forschungsarbeit untersucht, welche die Auswirkungen einer teilweisen oder vollständigen Auflösung von Anschlussspinnen in Bahnknoten u.a. auf die netzweiten Reisezeiten und die Kapazitätsnutzung der Infrastruktur sind.

Die angewendeten Methoden umfassen eine Auslegeordnung der Grundlagen, die Analyse von Fallbeispielen, eine theoretische Modellauswertung, die Ausplanung und Wirkungsbeurteilung von Anwendungsfällen sowie die anschliessende Synthese.

Bei einer künftigen Verdichtung des schnellen Verkehrs auf 15-Minuten-Takte ist die Fortführung und Weiterentwicklung des Knotensystems mit ausgeprägten Anschlussknoten weiterhin ein zweckmässiger Weg. Die Auflösung von Anschlussknoten oder ein «Fließband-Prinzip» in dafür geeigneten Knoten sind jedoch zusätzliche und vertieft zu prüfende Optionen. Die Angebotsqualität über alle Verbindungen ist mit Knotenauflösung gegenüber einem Vollknoten zumindest gleichwertig, wobei im Knoten durchgebundene Verbindungen von kürzeren Aufenthaltszeiten profitieren, einzelne Umsteigeverbindungen umgekehrt jedoch verlangsamt werden. Entsprechend sind die nachfragestärksten Verbindungen mit möglichst kurzen Standzeiten durchzubinden und weitere nachfragestarke Relationen dennoch weiterhin mit einem möglichst kurzen Anschluss zu planen. Ein potenziell reduzierter Infrastrukturbedarf entsteht sowohl im Knoten, im Wesentlichen durch die kürzeren Standzeiten, als auch auf den Strecken durch grössere Freiheitsgrade bei der Trassenplanung. Diese Freiheitsgrade beinhalten das Potenzial – durch «Entbündelung» der Trassen – eine erhöhte Priorität auf die Betriebsstabilität zu legen, andererseits wäre jedoch der Qualität der Güterverkehrstrassen besondere Beachtung zu schenken.



**Transports publics de la région lausannoise (TL): Robustheitsanalyse und strategische Planung der Linie Lausanne–Echallens–Bercher (LEB)** Die LEB-Linie erfuhr mit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2020 mit der Umsetzung der Verlängerung des 15-Minuten-Taktes von Cheseaux nach Echallens einen grösseren Entwicklungsschritt. Dieser neue Fahrplan war Gegenstand einer Studie, den TL/LEB an SMA für die Jahre 2019 bis 2020 vergeben hat. Der Auftrag umfasste eine Überprüfung der Robustheit des für die LEB-Linie geplanten Fahrplans 2020. Der Lösungsansatz war in 3 Phasen unterteilt: eine Diagnose des Fahrplanprojekts, eine Phase der Suche nach Optimierungsmöglichkeiten und schliesslich eine Phase der Bewertung der Robustheit der gewählten Lösungen. Wegen der kritischen Punkte, die sich aufgrund der Diagnose ergaben, wurden Lösungen für den Betrieb vorgeschlagen, die u.a. die Haltepolitik betreffen. Eine Bewertung dieser Lösungen hinsichtlich ihrer Robustheit erlaubte es, ihren Beitrag objektiv zu beurteilen und Empfehlungen zur Anpassung des schliesslich in Betrieb genommenen Fahrplans zu formulieren.

Um die nachfolgenden Entwicklungsstufen zu antizipieren, wurde weiter eine strategische Studie mit besonderem Augenmerk auf den Zielhorizont des Ausbaus 2035 des nationalen STEP-Projekts (Strategisches Entwicklungsprogramm Bahninfrastruktur) durchgeführt. Im Rahmen des strategischen Planungsprozesses konzentrierten sich die Analysen auf zwei parallel untersuchte Aspekte: eine Nachfragestudie für den Zeithorizont 2035-40 und eine Betriebs- und Kapazitätsanalyse für die Einführung einer Angebotsverdichtung

zwischen Lausanne und Echallens im gleichen Zeithorizont. Die Analysen zeigten die Relevanz der angestrebten Entwicklung, indem die erwarteten Fahrgastzahlen bestätigt wurden. Für die Horizonte 2035 und 2050 wurden mehrere Konzepte für Betrieb-Infrastruktur-Fahrzeuge ausgearbeitet und der aktuellen Situation gegenübergestellt, um eine kohärente Vision der Massnahmen zu erhalten, die in den verschiedenen Horizonten umgesetzt werden sollen.



**Transports de Martigny et Régions SA: Unterstützung bei Ausschreibungen von Buslinien** Der Kanton Wallis hat in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Verkehr (BAV) für das Jahr 2020 die Neuvergabe der Konzessionen für alle Linien des öffentlichen Busverkehrs in der Region Entremont bei Martigny ausgeschrieben. Die Konzession für diese Strecken, die derzeit teilweise von PostAuto und teilweise von TMR betrieben werden, ist für eine Laufzeit von 10 Jahren ab Dezember 2021 vorgesehen.

SMA wurde von TMR beauftragt, sie bei der Beantwortung der Ausschreibung zu unterstützen. Diese Unterstützung erfolgte in zwei Phasen: Sie umfasste eine erste Vorbereitungsphase vor der Ausschreibung mit dem Ziel, eine Analyse der aktuellen Situation und des Wettbewerbskontextes durchzuführen und gleichzeitig die grundlegenden Elemente zu sammeln, die für die anschliessende Optimierung der Produktionselemente notwendig sind. Nach der Veröffentlichung der Ausschreibung hat SMA in einer zweiten, intensiven Phase die Vorbereitung der Antwort, die Durchführung von Betriebsstudien, die Erarbeitung von Optimierungsvorschlägen für die Fahrzeugflotte, die Dimensionierung des notwendigen Personals sowie die Analyse der Machbarkeit und der Robustheit des Fahrplans begleitet.

Der Kanton Wallis und das BAV beschlossen im Herbst 2020, den Auftrag an TMR zu vergeben.



**Zentralschweizer Konferenz des öffentlichen Verkehrs (ZKöV): Aktualisierung der Nachfragedaten für den Ausbauschnitt 2040** Die ZKöV erarbeitet derzeit ein abgestimmtes Angebotskonzept der Planungsregion Zentralschweiz im Hinblick auf den STEP Ausbauschnitt 2040. Als Grundlage hierfür hat SMA in einem ersten Arbeitspaket die zukünftige Nachfrage berechnet. Diese wird in einem zweiten Schritt als Basis für die Definition des Angebots verwendet.

Zu berücksichtigen sind die bekannten Entwicklungen der Einwohner und Arbeitsplätze, die aktuellen ÖV-Nachfragezahlen sowie das künftige Angebotskonzept. Für die Berücksichtigung der Angebotseffekte wurde das bekannte Angebot des Ausbauschnitts 2035 mit dem heutigen Angebot verglichen. Das dafür aufgebaute Zellenmodell umfasst alle Bahnhöfe der Zentralschweiz und die wichtigsten Bahnhöfe in den benachbarten Regionen. Insgesamt erfolgte eine detaillierte Analyse von 67'000 Quelle-Ziel-Beziehungen hinsichtlich ihrer Angebotsqualität. Diese Analyse beinhaltet zudem eine Untersuchung des Strukturwachstums unter Berücksichtigung von übergeordneten Prognosen sowie kantonalen Entwicklungsschwerpunkten.

Die resultierenden Potenziale wurden mit der Viriato Umlegung auf die Züge umgelegt und hinsichtlich den Produktklassen Fern- und Regionalverkehr differenziert. Im abschließenden Schritt der Überprüfung der Kapazitäten erfolgte die Festlegung der für die Dimensionierung massgebenden Querschnitte, mit anschließender Auswertung der Spitzenstundenbelastungen und einer Gegenüberstellung mit den Spitzenstundenkapazitäten im STEP Ausbauschnitt 2035. Zur Anwendung kamen dabei sowohl die Dimensionierungsregeln des Bundesamts für Verkehr als auch ein alternativer Ansatz, dem eine geringere Stehplatzdichte zugrunde liegt.

Auf den Ergebnissen aufbauend wird derzeit der Vorschlag für das Angebot 2040 für die Zentralschweiz erarbeitet. Auch dieses Angebotskonzept wird von SMA erarbeitet. Es wird dem Bundesamt für Verkehr für die Ausgestaltung des Angebotsschritts 2040 übergeben.

## DEUTSCHLAND



**Verkehrsgesellschaft Mecklenburg-Vorpommern mbH: Ausbauoptionen für das Bahnnetz auf Usedom** Die vom Land Mecklenburg-Vorpommern auf der Infrastruktur der Usedomer Bäderbahn GmbH (UBB) bestellten Verkehrsleistungen sind das Rückgrat des SPNV auf der Insel Usedom. Aufgrund der spezifischen topografischen Besonderheiten der Insel und des in den letzten Jahren während der Urlaubssaison massiv angestiegenen Verkehrsaufkommens stossen sowohl der Motorisierte Individualverkehr als auch der SPNV an die Grenzen ihrer Kapazitäten. Unter Anwendung der derzeitigen Randbedingungen ist insbesondere in der Hauptsaison der SPNV nicht in der Lage, der Nachfrage gerecht zu werden bzw. eine Nachfragsteigerung zu bewältigen.

Im Auftrag der VMV wurde eine Bestandsaufnahme der heutigen Situation bzw. der geplanten Massnahmen sowie eine Potenzialabschätzung der Nachfrage für die Jahre 2030 und 2040 für die Insel Usedom durchgeführt. Die Bestandsaufnahme der heutigen Situation war Grundlage für die Ermittlung von kurz- und mittelfristigen Angebotsmassnahmen wie zum Beispiel Taktverdichtungen oder Zusatzzüge. Die Potenzialabschätzung diente bei der Erstellung eines langfristigen Zielbilds als Grundlage, um ein nachfragegerechtes Angebot zu konzipieren und die dafür erforderliche Infrastruktur abzuleiten.



**Zweckverband SPNV Rheinland-Pfalz Süd/Région Grand Est: Begleitung Ausschreibungsverfahren grenzüberschreitende Verkehre** Die Länder Rheinland-Pfalz, Saarland, Baden-Württemberg, die Zweckverbände Schienenpersonennahverkehr Rheinland-Pfalz Süd und Nord sowie die Région Grand Est beabsichtigen, grenzüberschreitende Verkehre im Nahverkehr mit Mehrsystemfahrzeugen auszuschreiben. SMA begleitet dieses Ausschreibungsverfahren bezüglich verkehrlicher und betrieblicher Aspekte.

Die Studie beinhaltet die Erarbeitung von Angebotskonzepten für die sieben grenzüberschreitenden Verbindungen und deren fahrplantechnische Einbindung in die Knoten unter Berücksichtigung zukünftiger Entwicklungen der nationalen Verkehre sowie einer



Optimierung der Anschlüsse. Aufgrund von anstehenden Infrastrukturmassnahmen wurde für das grenzüberschreitende Netz eine Zielvariante sowie eine Vorstufe entwickelt, die aufwärtskompatibel ausgestaltet ist.

Auf Basis der Taktverkehre hat SMA anschliessend 24-Stunden-Fahrpläne für die verschiedenen Wochentage erstellt. Diese bilden die Grundlage für die Umlaufplanung, mit dessen Hilfe der Fahrzeugbedarf ermittelt wurde. Die Ergebnisse konnten zur Optimierung der 24-Stunden-Fahrpläne in Hinblick auf den Fahrzeugeinsatz verwendet werden.

Die Arbeiten werden im Jahr 2021 fortgesetzt.



**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): TransEuropExpress (TEE) 2.0** Im Auftrag des BMVI hat SMA das Konzept «TransEuropExpress (TEE) 2.0» als Ergänzung zum Deutschlandtakt erarbeitet. Damit können bestehende Zugverbindungen international besser miteinander verknüpft und die vorhandenen Hochgeschwindigkeitsstrecken vermehrt auch für internationale Züge genutzt werden. Auf Basis nationaler Taktverkehre und Verbindungen kann so ein grenzüberschreitender Europatakt entstehen, mit Hochgeschwindigkeitszügen und Nachtzügen, die von den Unternehmen eigenwirtschaftlich oder im Rahmen der jeweils länderspezifischen Fernverkehrsmodelle betrieben und in die landesweiten Fahrplankonzepte eingebunden werden können.

Beispiele für diese neuen internationalen Verbindungen sind:

- Paris–Brüssel–Köln–Berlin–Warschau
- Amsterdam–Köln–Basel–Mailand–Rom
- Berlin–Frankfurt–Lyon–Barcelona
- Stockholm–Kopenhagen–Hamburg–Brüssel–Paris
- Paris–Stuttgart–München–Wien–Budapest

Ziel dabei ist es, möglichst alle Länder in Europa einzubinden. Auch hier ist SMA für die Konzeption verantwortlich. Das Konzept wird im Laufe des Jahres 2021 mit europäischen Partner-Ministerien in der neu gegründeten Plattform für den internationalen Personenverkehr diskutiert und voraussichtlich durch weitere Linien erweitert.



**Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI): Vorstellung des 3. Gutachterentwurfs für den Deutschlandtakt** Pünktlich zur Unterzeichnung des Schienenpakts im BMVI am 30. Juni 2020 hat SMA den 3. und abschliessenden Gutachterentwurf für den Zielfahrplan Deutschlandtakt fertiggestellt. Der Deutschlandtakt rückt den Fahrplan in den Mittelpunkt und leitet aus diesem die nötigen Infrastrukturmassnahmen ab, um für den Personen- und Güterverkehr flächendeckend häufigere und schnellere Verbindungen zu schaffen.

Diesem Meilenstein gingen die Grobbewertung des 2. Gutachterentwurfs und zahlreiche Abstimmungen mit den Bundesländern, dem BMVI und weiteren Stakeholdern voraus,





um die Anforderungen aller Beteiligten zu einem bundesweiten Gesamtkonzept für den Personen- und Güterverkehr zusammen zu fügen und die Interessen der Branche bestmöglich in diesem Entwurf zu bündeln.

Die Arbeiten wurden begleitet durch eine detaillierte Dokumentation sowie das Bearbeiten von zahlreichen betrieblichen und infrastrukturellen Sonderthemen und Detailoptimierungen. Der Gutachterentwurf ist im Internet einsehbar und dient als Planungsinstrument für die zukünftige Ausgestaltung und die bestmögliche Nutzung des Eisenbahnnetzes in Deutschland.

Dieser 3. Entwurf bzw. die dort hinterlegten bedarfsplanrelevanten Infrastrukturmassnahmen werden 2021 gemäss den Regeln der Bundesverkehrswegeplanung gesamthaft bewertet.



**Heilbronner • Hohenloher • Haller Nahverkehr GmbH (HNV): Externe Begutachtung des Tarifs und der tariflichen Zusammenarbeit zwischen dem HNV und dem**

**KreisVerkehr Schwäbisch Hall (KVSH)** In der Region Heilbronn-Franken gibt es mit dem HNV und dem KVSH zwei grosse Verkehrsverbünde, die bereits mehrere gemeinsame Projekte und Tarifangebote realisiert haben. Nun ist eine weitergehende Zusammenarbeit mit einem gemeinsamen Verbundgebiet und einem einheitlichen Tarif geplant. Die begleitende Untersuchung beinhaltete die Erarbeitung und Analyse unterschiedlicher Zoneneinteilungen (klein-, mittel- und grossteilig) für das gesamte, die drei Landkreise Heilbronn, Hohenlohekreis, Schwäbisch Hall sowie die Stadt Heilbronn umfassende Gebiet.

Beim Tarif war erstens das teilweise noch unterschiedliche Sortiment der beiden Verbünde anzugleichen und zu vereinfachen. In diesem Zusammenhang wurden auch weitere tarifliche Möglichkeiten zur Stärkung des öffentlichen Verkehrs in der Region beleuchtet. Weiter galt es, die neuen Preisstufen der einzelnen Fahrscheintypen (Einzelticket, Tageskarten, Zeitkarten) so zu wählen, dass es weder gegenüber den bisherigen Tarifen der beiden Verbünde noch gegenüber dem Verbund-übergreifenden Landestarif zu grösseren Verwerfungen kommt.

Anhand der Veränderung der Preise für alle nachgefragten Relationen liessen sich anschliessend die durch die Tarifreform induzierte Nachfrage und die Auswirkungen auf die Fahrgeldeinnahmen abschätzen. Grundlage dazu bildeten die Fahrschein-Verkaufsdaten der beiden Verbünde.

Bei der bevorzugten Variante wird mit einer Reduktion der Anzahl Zonen um über 90% ein attraktiver, einfacher und für die meisten Fahrgäste gegenüber heute auch günstigerer Tarif für das gemeinsame Verbundgebiet geschaffen.



### **Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH (NVBW) und Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (VM): Überarbeitung des Angebotskonzepts**

**Stuttgart 21** Der Schwerpunkt der Arbeiten 2020 lag auf der Erarbeitung eines Inbetriebnahme-Fahrplans für den Knoten Stuttgart mit Stuttgart 21 und allen Zulaufstrecken. In das Gesamtkonzept sind verschiedene Erkenntnisse aus eisenbahnbetriebswissenschaftlichen Untersuchungen der DB Netz AG sowie Anforderungen aus den bestehenden Verkehrsverträgen und Fahrzeuggrundlagen eingeflossen. Dabei waren Anforderungen bei Liniendurchbindungen, bezüglich der Fahrgastnachfrage, der Zugkategorie und bestimmter Streckenanforderungen zu berücksichtigen. Das Gesamtkonzept von Stuttgart wurde bis zum nächsten grossen Knoten bzw. Endpunkt des Metropolexpress-Systems ausgearbeitet. Es berücksichtigt dabei nicht nur die systematischen, vertakteten Züge, sondern auch die Einzellagen des Fernverkehrs sowie die HVZ-Verstärker des Regionalverkehrs. Ein besonderes Augenmerk lag immer auf der Gleisbelegung in Stuttgart Hbf unter Berücksichtigung der notwendigen Prozesszeiten sowie der Zuführungs- und Abstellfahrten. Die Arbeiten am Fahrplankonzept sind noch nicht abgeschlossen. Der Inbetriebnahme-Fahrplan liegt somit noch nicht vor.

Über den Inbetriebnahme-Fahrplan von Stuttgart 21 hinaus werden sowohl auf Seiten des Angebots als auch der Infrastruktur noch weitere Entwicklungen stattfinden. Für verschiedene Zulaufstrecken war es somit erforderlich, aufwärtskompatible Konzepte zu entwickeln. Dabei wurde darauf geachtet, dass je nach Reihenfolge des Auftretens der sich ändernden Elemente darauf flexibel reagiert und das erarbeitete Konzept dennoch prinzipiell weiter umgesetzt werden kann.

Die Arbeiten konzentrierten sich jedoch nicht nur auf die direkt durch die Inbetriebnahme betroffenen Bereiche und Zulaufstrecken. Vielmehr waren bei Bedarf die Konzepte bzw. Varianten auch in den Aussenbereichen weiterzuentwickeln, um die Aufwärtskompatibilität der verschiedenen Konzepte zu den langfristigen Ausbaukonzepten auf den Korridoren ausserhalb der direkten Zulaufstrecken sicherzustellen bzw. weitere Möglichkeiten und Randbedingungen für Angebotsausweitungen oder Angebotsveränderungen darzustellen.



### **Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr (StMB): Programm**

**«Bahnausbau Region München»** Das Programm «Bahnausbau Region München» beschreibt die Eckpunkte für die zukünftige Gestaltung des Schienenpersonennahverkehrs in der Metropolregion München. Das Programm umfasst derzeit 28 Massnahmen, die sich bereits in der konkreten Planung bzw. in der Realisierung befinden, darunter als Kernstück des Programms auch die 2. Stammstrecke für die Münchner S-Bahn.

Im Hinblick auf die Programmkonkretisierung sind derzeit weitere 42 Einzelmassnahmen (Stand Ende 2020) in der «Machbarkeitsstudie für den Bahnausbau in der Region München» bezüglich ihrer verkehrlichen Wirkung zu beurteilen sowie auf ihre bautechnische und eisenbahnbetriebliche Machbarkeit hin zu untersuchen. Die Einzelmassnahmen lassen sich wie folgt einteilen:

- Verbesserungen im Kernnetz als Grundlage für ein stufenweises Ausbaukonzept
- Mehrgleisige Ausbauten sowie weitere leistungssteigernde Massnahmen
- Neubaustrecken inkl. neuer Haltepunkte und Bahnhöfe
- Neue Haltepunkte im S-Bahn- und Regional-Bahn-Netz
- Angebotsorientierte Verbesserungen (u.a. die Einführung weiterer Regional-S-Bahn-Linien)
- Kleinere Massnahmen (z.B. die Verlängerung von Bahnsteigen)

Die verkehrliche Wirkung auf der Grundlage von Angebotskonzepten zeigt im Verhältnis zu den Infrastruktur- und Betriebskosten auf, welche Massnahmen weiterverfolgt werden sollten. Mit den zur Weiterverfolgung empfohlenen Massnahmen wird das Zielkonzept für den Bahnausbau in der Region München konsequent fortgeschrieben. Hieraus abgeleitet wird in einem weiteren Schritt ein Stufenkonzept hin zum Zielkonzept erarbeitet.



#### **Kompetenzcenter ITF NRW (KC ITF NRW) und Aufgabenträger in Nordrhein-Westfalen (NRW): Weiterentwicklung des integralen Taktfahrplans**

Auch im Jahr 2020 hat SMA das KC ITF NRW sowie die drei Aufgabenträger bei der Weiterentwicklung des integralen Taktfahrplans des Landes NRW begleitet.

Im Jahr 2020 war die Konzeption des Zielnetzes 2040 ein Schwerpunkt der landesweiten Angebotsplanung. Diese Planungen setzen auf den Deutschlandtakt auf und erweitern die angebotenen Leistungen zusätzlich. Neben Streckenreaktivierungen sind ausgewählte Korridore hinsichtlich möglicher Optimierungen analysiert und durchgeplant worden, beispielsweise der Wupperkorridor oder die Korridore am linken Niederrhein und im Ruhrgebiet. Die zur Umsetzung erforderliche Infrastruktur wurde fahrplanbasiert abgeleitet.

Ebenso ist mit der Zeitscheibe 2032 ein weiterer Zeithorizont fahrplantechnisch konkretisiert worden, der einen ersten Umsetzungsschritt zum Zielnetz NRW 2040 darstellt. Eine besondere Rolle bei zukünftigen Angebotskonzepten spielen dabei vor Ort emissionsfreie Antriebe.

Ein weiterer Schwerpunkt war die Konzeption eines S-Bahn-Netzes für Ostwestfalen-Lippe. Ziel dieser Konzeption ist es, das Angebot auf den Strecken noch besser zu verknüpfen und die Menge der Zugleistungen auszuweiten.

Für einzelne Korridore wurden Analysen zur Qualitätssteigerung durchgeführt und betriebliche sowie infrastrukturelle Massnahmen zur Verbesserung der Pünktlichkeit abgeleitet. Zudem fanden für einzelne Strecken Fahrplanintegrationsprüfungen potenzieller neuer Haltepunkte statt.

Neben den landesweiten Arbeiten für das KC ITF NRW sind im Rahmen von Einzelmandaten für die jeweiligen Aufgabenträger weitere zahlreiche Themen bearbeitet worden, wie beispielweise

- das Ausschreibungsverfahren zur S-Bahn Rhein-Sieg
- Umlaufplanungen
- Untersuchungen zu Streckenreaktivierungen
- technische Fragestellungen zu ETCS im Ruhrgebiet

Die Ergebnisse der Arbeiten in NRW sind in Arbeitskreisen und Gremien vorgestellt und diskutiert worden. Ergänzt wurden die Arbeiten mit dem jährlichen Monitoring des Leistungsvolumens und der Fortschreibung der aktuellen Netzgrafik.

Die begleitenden Arbeiten werden auch im laufenden Jahr fortgeführt.



**U-Bahn München: Entwicklung von langfristigen Zielkonzepten** Das Fahrgastaufkommen der Münchner U-Bahn nimmt seit Jahren stetig zu. Die Münchner Verkehrsgesellschaft mbH (MVG) plant seit längerem die schrittweise Umstellung der Stammstrecken der U1/U2/U7, der U3/U6 und der U4/U5 auf eine Bedienung im 2-Minuten-Takt. SMA hat dazu bereits vor mehreren Jahren Angebotskonzepte entwickelt, die eine solche Verdichtung vorsehen. Die MVG hat SMA beauftragt, die Angebotskonzepte der U1/U2/U7 unter geänderten Randbedingungen zu aktualisieren (Auswahl):

- Verlängerung einzelner Haltezeiten
- erweiterte Mindestwendezeiten
- Anpassung des Zugeinsatzes (d.h. teilweise Berücksichtigung von überschlagenen Wenden)
- Berücksichtigung der Rendezvous am Scheidplatz und am Innsbrucker Ring mit den übrigen U-Bahnlinien

SMA hat für den Vollausbau der U1/U2 mehrere Fahrplanvarianten entwickelt. Die mit der MVG abgestimmte Vorzugsvariante wurde anschliessend in OpenTrack mit verschiedenen Mehrfachstörfällen simuliert. Bei den Simulationen erfolgte zudem eine iterative Herangehensweise: Dabei wird eine Langsamfahrstelle Schritt für Schritt verlängert, bis der Fahrplan instabil wird.

SMA hat auch eine Taktverdichtung auf der U4/U5 untersucht. Bedingt durch den langen Abschnitt Ostbahnhof–Innsbrucker Ring ist auf diesem Streckenabschnitt eine 2-Minuten-Zugfolge nicht ohne weiteres möglich. Eine Taktverdichtung der U5 analog der U3/U6 oder der U1/U2 ist daher derzeit nicht umsetzbar. In der Vergangenheit wurde bereits eine Lösung mit einem 4-Minuten-Takt auf der U4 und der U5 untersucht. Dieser Vorschlag berücksichtigte jedoch nicht ausreichend die unterschiedlichen Fahrgastnachfragen der beiden Linien. SMA hat daraufhin eine neue Vorzugsvariante erarbeitet, die diesen Aspekt mit unterschiedlichen Taktfamilien der Linien U4 und U5 sowie den entsprechenden Fahrplananpassungen an der Schnittstelle aufgreift. Anschliessend wurde diese Variante mittels OpenTrack auf Fahrbarkeit geprüft und mit Mehrfachstörfällen simuliert.









### **DB Netz AG: Unterstützung bei der Entwicklung eines Langfristkonzepts im Netz Weser-Ems unter Piloteinsatz des Verfahrens «Microscopy on Demand»**

Bei der Erstellung der langfristigen Angebotskonzeption auf den niedersächsischen Strecken Oldenburg – Cloppenburg – Osnabrück und Bremen – Vechta – Osnabrück kam zum ersten Mal das von SMA entwickelte Konzept «Microscopy on Demand» zum Einsatz. Dabei können aus Viriato heraus mikroskopische Services wie die Fahrzeitrechnung oder die Konflikterkennung aufgerufen werden, um bereits in der konzeptionellen Erarbeitung von Angebotsvarianten eine hohe Aussagekraft bezüglich Umsetzbarkeit zu erhalten.

Gerade im gemeinsamen Zulauf der beiden Strecken auf den Knoten Osnabrück konnten Trenn- und Zugfolgezeiten entsprechend den offiziellen Systemen der DB Netz AG ermittelt und geeignete Angebotskonzepte und Infrastrukturmassnahmen abgeleitet werden. Neben der eigentlichen Angebotskonzeption lag ein wesentliches Ziel der Untersuchung auch in der Erarbeitung von Chancen und Risiken zu Fahrzeugen mit alternativen Antriebsformen wie Wasserstoff- oder Batterieantrieb im Stufen- und Zielkonzept.

Mit Hilfe dieses neuen Verfahrens konnte für das Netz Weser-Ems eine sehr grosse Variantenvielfalt geprüft, bewertet und schliesslich ein zukunftsfähiges Gesamtkonzept mit mehreren Umsetzungsstufen gefunden werden. Die Erkenntnisse aus der Anwendung des neuen Viriato-Moduls «Microscopy on Demand» fliessen wiederum direkt in dessen Weiterentwicklung ein.



### **Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (VM): ÖPNV-Strategie Baden-Württemberg**

Im Sinne des Beitrages der Verkehrswende zum Klimaschutz und der Erreichung des 1,5°C Ziels möchte das Land Baden-Württemberg die Nachfrage im öffentlichen Nahverkehr bis 2030 im Vergleich zum Bezugsjahr 2010 verdoppeln. Um dieses Ziel zu erreichen ist eine gemeinsame Zusammenarbeit aller relevanter Akteure des öffentlichen Nahverkehrs erforderlich. Deswegen wurde ein breit angelegter Dialogprozess begonnen, den SMA in den ersten Phasen begleitet. In diesem Prozess werden die ÖPNV-Strategie 2030 des Landes Baden-Württemberg erarbeitet und für die spätere Umsetzung in gezielten Vor-Ort-Terminen vorgestellt und geeignete Massnahmen diskutiert.

Zusammen mit der Firma civity Management Consultants erfolgte zunächst die Ausarbeitung von Massnahmen, die in 10 Handlungsfeldern (u.a. Infrastruktur, Angebot, Betrieb und Fahrzeuge, ÖPNV-Vorrang, Tarif und Vertrieb) strukturiert und dargestellt sind. Neben der Expertise der beiden Unternehmen gingen über Experteninterviews aus Best-Practice-Unternehmen sowie den Fachreferaten des Ministeriums auch die Einschätzung weiterer Fachleute in die Entwicklung der Massnahmen ein.

Anschliessend wurden alle Massnahmen, Teilziele und Handlungsfelder mit der ÖPNV-Zukunftskommission – einem Expertengremium, bestehend aus rund 20 Vertretern von Aufgabenträgern, der Stadt- und Landkreise, der Verkehrsunternehmen, der Verkehrsverbände, des Fahrgastverbands, der Gewerkschaften und der Wissenschaft – in insgesamt sechs Arbeitssitzungen diskutiert und weiterentwickelt.

In diesem iterativen Prozess zwischen der ÖPNV-Zukunftskommission, dem Ministerium und den Gutachtern liessen sich für die 10 Handlungsfelder letztendlich 130 Massnahmen innerhalb von 30 Teilzielen entwickeln, abstimmen und in einem Ziel- und Massnahmenkatalog festhalten. Flankierende Dokumente bilden das Leitbild, das den angestrebten Zielzustand des ÖPNV im Jahr 2030 abbildet sowie eine Zusammenstellung der politisch wichtigsten Massnahmen.

Die finalen Ergebnisse der ÖPNV-Zukunftskommission wurden im Januar 2020 im Rahmen einer öffentlichkeitswirksamen Online-Veranstaltung vorgestellt und unter Ministerteilnahme im Rahmen einer Podiumsdiskussion detailliert betrachtet. Die Dokumente bilden die fundierte Grundlage für die weitere Strategieentwicklung ab Frühjahr 2021.



**Zweckverband Ringzug (ZVR): Umsetzungsplanung Ringzug 2.0** Der Ringzug, ein erfolgreiches Produkt des öffentlichen Personennahverkehrs in der Region Schwarzwald-Baar-Heuberg, verbindet heute das Oberzentrum Villingen-Schwenningen mit den Mittelzentren Rottweil, Tuttlingen und Donaueschingen. Aufgrund der mittelfristigen Ablösung der dieselbetriebenen Triebzüge sowie den angestrebten Verbesserungen im Fahrplanangebot konnte dem ZVR in einer 2017 durchgeführten Studie verschiedene Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Angebots sowie der Fahrzeugstrategie aufgezeigt werden.

Ziel der neuen Studie «Ringzug 2.0» war es, auf Basis angepasster Rahmenbedingungen sowie neuen Überlegungen zur Verbesserung der Verbindung Freiburg–Stuttgart die Studie von 2017 zu überarbeiten. Im Zentrum stand die Entwicklung neuer Varianten für ein langfristiges Zielkonzept sowie einer aufwärtskompatiblen mittelfristigen Vorstufe in Zusammenarbeit mit dem ZVR, dem Ministerium für Verkehr, der NVBW sowie der DB Netz AG. Grosses Augenmerk wurde hierbei auf die Fahrplanrobustheit sowie die Realisierung von stabilen Anschlussbeziehungen gelegt, welche zukünftig massgeblich zur Attraktivitätssteigerung des Angebots in der Region beitragen sollen. Die Arbeiten umfassen hierbei auch die Betrachtung von möglichen Infrastrukturausbauten, welche zu einem pünktlichen Betrieb beitragen sowie die Bereitstellung der notwendigen Kapazitäten auf der Strecke und in den Bahnhöfen. Neben den planerischen Arbeiten konnte SMA erfolgreich zwischen den einzelnen Stakeholdern auf politischer Ebene vermitteln und somit zu einer gemeinsamen Lösungsfindung bzw. zur Wahl einer von allen Partnern getragenen Zielvariante beitragen.

Eine detaillierte Überprüfung der Konzepte sowie die Ausarbeitung einer verkehrlichen und betrieblichen Aufgabenstellung als Grundlage einer Vorplanung wird durch den Infrastrukturbetreiber erfolgen. SMA vertritt hierbei die Interessen des ZVR und unterstützt diesen in den weiteren Arbeitsschritten auf dem Weg zu einer Umsetzung der Konzepte.

## FRANKREICH



**Région Nouvelle-Aquitaine: Studie zum Angebot des TER 2022** Zur von SNCF Réseau durchgeführten Überarbeitung des nationalen Fahrplans für das Jahr 2022 gehören insbesondere Massnahmen zur Verbesserung der betrieblichen Robustheit auf dem Atlantik-Korridor. Als Ergebnis hat SNCF Réseau der Region mehrere Szenarien für eine angepasste Fahrplanstruktur vorgeschlagen.

SMA unterstützte die Region bei der Analyse der verschiedenen Szenarien sowie bei der Bewertung der finanziellen Auswirkungen der vorgeschlagenen Angebotsentwicklungen. Die Arbeit beinhaltete auch das Aufzeigen von möglichen Optimierungen des letztendlich ausgewählten Fahrplankonzeptes.

Zunächst erfolgte eine vergleichende Analyse der vorgeschlagenen Systemfahrpläne unter den Gesichtspunkten der Bedienung, der Robustheit und der Betriebskosten. Nach Wahl der Vorzugsvariante hat SMA auf dieser Basis mehrere Szenarien für tägliche Variationen des regionalen Angebots vorgeschlagen, gefolgt von einem Vergleich dieser Szenarien untereinander und mit dem aktuellen Angebot. Als Kriterien dienten die Angebotsqualität, wie es sich betreiben lässt, die Produktivität von Personal und Rollmaterial sowie die Gesamtbetriebskosten. Anschliessend erfolgte eine Optimierung der Szenarien unter dem Gesichtspunkt der Produktivität sowie eine erneute Bewertung.

Im Resultat liess sich der Regionalverkehr so optimieren, dass die Kosten pro Zugkilometer durch eine höhere Produktivität von Personal und Rollmaterial dank ausgeklügelter Fahrpläne gesenkt werden können. Diese erfolgte in einem hohen Detaillierungsgrad, um sicherzustellen, dass der Produktivitätsgewinn ohne Verschlechterung der Angebotsqualität erzielt werden kann.



**Région Occitanie: Ministère des transports – Studie für neue Tag- und Nachtzuglinien** Das Gesetz zur Mobilität, das im Dezember 2019 vom französischen Parlament verabschiedet wurde, beauftragte das Verkehrsministerium, einen Bericht über die Entwicklung neuer Tag- und Nachtverbindungen von TET-Zügen (Züge des regionalen Ausgleichs) vorzulegen, um ein Bahnangebot zu entwickeln, das in der Lage ist, eine Mobilitätsalternative zum privaten Pkw und zum Flugzeug zu bieten. Der mit diesem Gesetz verabschiedete Antrag betraf nationale, aber auch internationale Verbindungen.

In einem Rahmenvertrag mit dem Ministerium führte SMA eine technische Studie für mehrere Relationen durch, die auf der Grundlage einer Analyse der aktuellen Nachfrage für alle Verkehrsträger und des bestehenden Bahnangebots identifiziert wurden. Die Studie weist drei neue Tageslinien und die Verlängerung einer bestehenden Linie sowie ein Netz von ergänzenden Nachtverbindungen aus. Für jede dieser Linien wurde ein Betriebskonzept erstellt, um die Wirtschaftlichkeit abschätzen zu können.

Speziell für die Nachtverbindungen konnten im internationalen Vergleich die wichtigsten Erfolgsfaktoren für die Wiedereinführung von Angeboten aufgezeigt werden, die in Frankreich in den letzten Jahrzehnten weitgehend abgeschafft wurden. Diese Analyse diente als Grundlage für die Definition der Hauptprinzipien bei der Vermarktung des Angebots und für die Erstellung eines aus Netzsicht kohärenten Betriebskonzepts, das es ermöglichte, die Hebel zur Kontrolle der Betriebskosten und zur Maximierung der Einnahmen zu identifizieren. Insgesamt wurden 8 Liniengruppen mit mehreren kombinierbaren Wagengruppen für den Inlandsverkehr vorgeschlagen sowie neue internationale Linien zu wichtigen europäischen Metropolen. Gleichzeitig ermöglicht die Studie die Festlegung der Anforderungen an das Rollmaterial, dessen Eigenschaften ein wesentliches Kriterium für den Erfolg eines solchen Angebots sein werden.



#### **Région Occitanie: Studie von Szenarien der Verkehrsbedienung der Metropolregion**

**Toulouse** Im Rahmen einer partnerschaftlichen Vorgehensweise mit den an der Mobilität beteiligten Behörden hat die Région Occitanie eine Studie für die Entwicklung eines S-Bahn-Netzes auf den verschiedenen Linien des Eisenbahnsterns Toulouse gestartet. Die Studie soll mehrere Szenarien ermitteln und vergleichen, bevor detailliertere Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der SNCF durchgeführt werden.

SMA hat sieben alternative Szenarien für die Entwicklung eines solchen Netzes untersucht, die auf gegensätzlichen Angebotsannahmen basieren, sowohl in Bezug auf die Struktur als auch auf das Volumen. Diese verschiedenen Szenarien wurden mit den geplanten Entwicklungen des städtischen Verkehrsnetzes verknüpft, insbesondere mit einer neuen U-Bahn-Linie, die zahlreiche Verknüpfungspunkte mit dem Schienennetz schafft. Die Studie konzentriert sich auf die Analyse der Kohärenz mit der Angebotsentwicklung auf nationaler Ebene, die sich aus anderen, im Voraus geplanten Grossprojekten ergeben, auf die Identifizierung der wichtigsten Infrastrukturmassnahmen, damit das Netz die erforderliche Kapazität für die Einführung zusätzlicher Angebote aufweist, und schliesslich auf den Vergleich von Investitions- und Betriebskosten.

Als Resultat weist die Studie eine Reihe von Ausbaumassnahmen im gesamten Toulouser Eisenbahnstern aus. Einige von ihnen sind in mehreren Szenarien enthalten, während andere aufgrund der spezifischen Funktionalitäten bestimmter Szenarien erforderlich sind. Weiter ermöglichte diese Analyse die Festlegung einer möglichen Etappierung der verschiedenen Szenarien sowie möglicher Kombinationen. Einige davon stellen mögliche Entwicklungsphasen für ambitioniertere Szenarien dar.

Schliesslich war die gesamte Arbeit Gegenstand einer ausführlichen Präsentation vor den Vertretern der SNCF mit dem Ziel eines Wissenstransfers an die Stakeholder des Schienenverkehrs wie auch im Hinblick auf die Fortsetzung der Studien.



**SNCF Réseau, Unterstützung bei der strategischen Planung der Hochgeschwindigkeitsstrecke Marokko** Im Rahmen der Projektmanagement-Unterstützung, die der SNCF von der ONCF für die HGV-Verbindung Tanger–Casablanca–Marrakesch anvertraut wurde, unterstützt SMA SNCF Réseau bei der Planung von Fahrplan- und Infrastrukturvarianten.

Für den Korridor Kenitra–Rabat–Casablanca–Nouaceur (Flughafen), Erweiterung des Abschnitts Tanger–Kenitra, der im November 2018 in Betrieb genommen wurde, konnten durch Machbarkeits- und Vorentwurfstudien zwei grundverschiedene Varianten hinsichtlich der Infrastruktur-Topologie und damit des Angebots und Betriebs identifiziert werden, die die ONCF dazu veranlassen, das finale Szenario in Frage zu stellen. SMA untersucht das Problem aus der Perspektive der strategischen Planung, konsolidiert die Projektziele, identifiziert und bewertet Varianten von Angebotskonzepten und zugehörigen Infrastrukturen und entwickelt die ausgewählten Lösungen auf Basis eines systematischen Fahrplanrasters.

Die Ergebnisse dieser Arbeit ermöglichen eine integrierte Konzeption der HGV-Verkehre mit den Nahverkehrszügen im Ballungsraum Casablanca, die Klärung von Kapazitätsfragen im Zusammenhang mit diesen gegensätzlichen Infrastrukturszenarien, Identifikation alternativer Infrastrukturvarianten und Erarbeitung objektiver Faktoren für SNCF Réseau zur Evaluierung und Empfehlung für die Auswahl der finalen Variante.



**SNCF TER: Unterstützung bei der Teilnahme an den Ausschreibungen der TER Région Sud** Im Rahmen einer Unterstützung für SNCF Voyageurs begleitete SMA die Teams von TER Sud Provence-Alpes Côte d’Azur bei der Vorbereitung ihres Angebots auf die ausgeschriebenen Lose der Region Süd, d.h. der Achse Marseille–Toulon–Nizza und der Azur-Achsen rund um Nizza.

SMA überprüfte den von der Region Süd geforderten Fahrplan unter den Aspekten seiner betrieblichen Machbarkeit, einer Analyse der Verteilung von Fahrzeitzuschlägen und möglicher Abzüge, der Einhaltung der Mindestzugfolgezeiten sowie der Sicherstellung der Fahrplan-Robustheit. Die Anzahl und Qualität möglicher Anschlüsse mit den Buslinien der Region in Marseille, Ventimiglia und weiteren wichtigen Unterwegsbahnhöfen waren ebenfalls Bestandteil der Untersuchung. SMA schlug auch eine Reihe möglicher Massnahmen vor, um die Folgen von Verspätungen zu reduzieren, einschliesslich der Erstellung von Standard-Dokumenten für die Disposition, in welchen die zu ergreifenden Massnahmen und Aktionen je nach Verspätung und Ort festgehalten sind.

Weiter hat SMA mehrere alternative Szenarien entwickelt mit Anpassungen des Angebots in bestimmten Bereichen. Für diese Szenarien erfolgte eine Bewertung unter den Aspekten der Angebotsqualität, des Rollmaterials, der Kapazität der Infrastruktur auf Strecken und in Bahnhöfen sowie der Robustheit.



### **SNCF Réseau: Entwicklung und Bewertung von Makroszenarien für den städtischen Expressverkehr von Lille**

Die Studie zur Entwicklung des «Services Express Métropolitains (SEM)» im Eisenbahnknoten Lille hat die Umwandlung des Schienenverkehrsystems in Lille in ein System vom Typ «Mass Transit» zum Ziel, um die Attraktivität des Schienenverkehrs deutlich zu erhöhen und die Verlagerung von der Strasse auf die Schiene zu fördern.

Im Rahmen eines von SNCF Réseau geleiteten Projekts unter Beteiligung des Staats, der Region Hauts-de-France und der Stadt Lille entwickelte und bewertete SMA kontrastierende, funktionale Makroszenarien, um die Grundsätze für die Strukturierung des Angebots für den ersten und zweiten Ring um Lille festzulegen.

Die Studie basierte auf einem internationalen Benchmark, der die Organisationsprinzipien und den Betrieb von Metropolnetzen beschreibt. Sie entsprechen den verschiedenen Funktionsszenarien, um den angestrebten Paukenschlag beim Angebot auf dem Eisenbahnstern von Lille auszulösen.

Alle erarbeiteten Makroszenarien ermöglichen die Abdeckung der zukünftigen Nachfrage und eine deutliche Steigerung des Angebots auf der Schiene. Sie unterscheiden sich in der Art und Weise, wie das Angebot rund um einen neuen unterirdischen Bahnhof strukturiert ist oder wie sie die Tangentialstrecken ausserhalb des Stadtzentrums nutzen. Die Studie baute auf «extremen» Szenarien auf, die anschliessend kombiniert wurden, um in gemeinsame Entwicklungsszenarien zu münden, die von allen beteiligten Partnern getragen werden.

Eine schematische Darstellung des Angebots für jedes Szenario visualisiert die untersuchten Optionen. Abschliessend erfolgten eine Bewertung und ein Vergleich auf Grundlage einer multikriteriellen Analyse unter den Aspekten der Angebotsqualität, der Kapazitätsauslastung auf Strecken, Abzweigungen und in Bahnhöfen sowie der vorgesehenen Infrastrukturinvestitionen. Für jedes Makro-Szenario sind die Ergebnisse in Form einer SWOT-Analyse (Stärken, Schwächen, Chancen, Risiken) zusammengefasst.



### **SNCF Réseau: Studie über den Betrieb der Endstationen des Express-Metropolitan-Netzes von Bordeaux**

Das Projekt eines Express Metropol Netzes (EMN) besteht aus drei Linien, von denen zwei als Durchmesserlinien geplant sind: Libourne–Arcachon und Saint-Mariens-Saint-Yzan–Langon. Die sich aus früheren Studien ergebenden, wesentlichen Anpassungen betreffen die vier Endpunkte der beiden Durchmesserlinien. Es erschien notwendig, die Kapazitätsanalysen zu verfeinern und die Funktionsprogramme für diese Endpunkte zu spezifizieren, insbesondere bezüglich der Abstell- und Wartungsanlagen für das Rollmaterial und deren Zuführungsbedingungen.

Ziel der Studie war die Ermittlung verschiedener Funktionsschemata für die Terminals mit einem anschliessenden Vergleich. Ausserdem waren die Zuführungsbedingungen zu diesen Bereichen und die Konsequenzen hinsichtlich der Betriebsfähigkeit der zugehörigen Gleistopologie zu definieren. Dazu wurde zunächst ein 2-Stunden-Fahrplan erstellt, um die







Auswirkungen dieses Express-Metropol-Verkehrs auf die derzeitige Fahrplanstruktur zu ermitteln. Anschliessend erfolgte eine Untersuchung der 24-Stunden-Fahrplanvarianten der Express-Metropol-Verkehre unter Berücksichtigung der eingesetzten Fahrzeuge und einer Modellierung der Zu- und Wegstellfahrten. Die sich daraus ergebenden Anforderungen an Abstell- und Wartungsanlagen bei den Terminals sowie eine detaillierte Analyse der vorhandenen Infrastruktur und ihrer Nutzung die Ausarbeitung der funktionalen Infrastrukturpläne für jeden der Standorte.

Die Fahrplanstruktur der Express-Metropolitan-Trassen unterliegt grossen Zwängen, einerseits infolge der Heterogenität der übrigen Verkehre, aber auch wegen Zwangspunkten durch eingleisige Abschnitte ausserhalb des Untersuchungsgebiets und konnte deshalb die geplanten Angebotsziele nicht vollständig erfüllen. Die Studie hat gezeigt, dass zwei der vier Standorte über ausreichende Abstellkapazitäten verfügen, die Standorte Langon und Libourne hingegen bezüglich Platz und die verfügbare Infrastruktur eingeschränkt sind. An allen vier Standorten müssen die Gleispläne und Sicherungsanlagen mehr oder weniger stark angepasst werden, um das neue Angebot betreiben zu können. Die Studie schlägt für jeden der Standorte mehrere funktionale Infrastrukturschemata vor und vergleicht sie anhand der Kriterien Betrieb, Robustheit und technische Machbarkeit.



**SNCF Réseau: Ergänzung von Trassen auf dem rechten Rhône-Ufer** Im Rahmen der Studien von Phase 2 des Projekts zur Wiederaufnahme des Personenverkehrs zwischen Pont-St-Esprit, Avignon und Nîmes auf der rechtsufrigen Strecke entlang der Rhône führte SMA für SNCF Réseau eine Betriebsstudie durch mit dem Ziel, die Leistungsfähigkeit des Netzes zu überprüfen, um den geplanten Personenverkehr ohne Beeinträchtigung des aktuellen Güterverkehrsangebots zu fahren und gegebenenfalls Lösungsvorschläge für Anpassungen beim Fahrplan oder der Infrastruktur aufzuzeigen, welche für die Umsetzung des geplanten Angebots notwendig sind.

SMA rekonstruierte zunächst das Referenzangebot durch Import des 24-Stunden-Fahrplans in Viriato und führte eine Streckensättigungsanalyse durch mit dem Ziel, die vorhandene Restkapazität an Güterverkehrstrassen objektiv nachzuweisen. Ausserdem erfolgte eine Reihe von Robustheitstests an kritischen Punkten des Netzes während der Hauptverkehrszeit. Anschliessend entstanden mehrere Sollfahrplanvarianten, um deren Auswirkungen auf den bestehenden Verkehr und die Fahrbarkeit der zusätzlichen Züge insbesondere in den Bahnhöfen Avignon und Nîmes zu untersuchen.

Als Ergebnis aus der Betriebsstudie stellte sich der Bahnhof Nîmes als Kapazitätsengpass für neue, hier beginnende bzw. endende Verkehre heraus. Zum Schluss ermöglichte eine gleiche Sättigungs- und Robustheitsanalyse für den vorgesehenen Zielfahrplan den objektiven Vergleich der beiden Szenarien.



**SNCF Réseau: Planung der Fahrplanstruktur 2022 im Bereich Süd-Ost** Um den Anforderungen neuer Marktteilnehmer im Hochgeschwindigkeitsverkehr gerecht zu werden, wird für den Jahresfahrplan 2022 eine dritte stündliche TGV-Trasse zwischen Paris und Lyon benötigt. SMA unterstützte SNCF Réseau bei der Suche nach Lösungen auf der Basis des Jahresfahrplans 2021 unter dem Aspekt einer Minimierung der Auswirkungen des TGV-Systems auf die TER und den Güterverkehr.

In einem ersten Schritt erfolgte eine Analyse der Netzauslastung, um die möglichen Spielräume für die Freisetzung von Kapazitäten auf der HGV-Linie Paris–Lyon zu ermitteln. Anschliessend wurde jedes identifizierte Zeitfenster analysiert und die Machbarkeit einer TGV-Trasse von Paris nach Lyon untersucht. Ein besonderes Augenmerk lag auf den Auswirkungen auf das Regional- und Güterverkehrssystem im Raum Lyon sowie den Wechselwirkungen in der Gleisbelegung von Lyon Part-Dieu.

Auf der Grundlage einer Kombination verfügbarer Fahrpläne entstanden mehrere Szenarien, für welche in eine abschliessende Bewertung unter den Aspekten ihrer Auswirkungen auf die Fahrplanstruktur von HGV- und Regionalverkehr sowie der Robustheit des Gesamtsystems erfolgte.

## GROSSBRITANNIEN



**Network Rail: Timetable Technical Strategy – Europäischer Benchmark zum Fahrplanungsprozess** Network Rail möchte verstehen, wie führende europäische Eisenbahnen ihre Fahrpläne planen, vorbereiten und umsetzen. Der derzeitige Prozess, der vom Infrastrukturbetreiber (Network Rail) geleitet wird, beruht stark auf einem Prozess von Beantragen und Anbieten, bei dem mehrere Betreiber oft widersprüchliche Trassenanträge einreichen, was bei Network Rail mit einem erheblichen Aufwand zur Konfliktbeseitigung verbunden ist.

SMA hat zur von Network Rail in Auftrag gegebenen «Timetable Technical Strategy» mit einer Benchmark-Untersuchung beigetragen, die aufzeigt, wie führende Bahnen in Europa ihre Fahrpläne planen, vorbereiten und umsetzen.

Der Benchmark umfasst fünf ausgewählte Länder (Schweiz, Frankreich, Deutschland, Belgien und die Niederlande), für welche Informationen zu verschiedenen Themen gesammelt wurden, die vom allgemeinen Kontext über Fahrplanzyklen, Investitionsplanung und -umsetzung, Leistungsspezifikationen, Rollen der verschiedenen Interessengruppen, Technologie bis zu voraussichtlichen Entwicklungen reichen.

Die Ergebnisse wurden in die breit angelegte Strategie zur Anpassung und Integration dieser Technologien integriert, um die von Network Rail geforderte, zeitgerechte Produktion von Fahrplänen auf Weltklasseniveau zu unterstützen.

## LUXEMBURG



### **Chemins de Fer Luxembourgeois (CFL) und SNCF Réseau: Erstellung von Fahrplänen Metz–Luxemburg mit ATO GoA2-Automatisierung**

Im Rahmen einer Analyse der Vorteile und Möglichkeiten eines ATO-GoA2-Systems (Automatischer Zugbetrieb) untersuchen CFL und SNCF Train Autonome die Auswirkungen dieses Systems auf die Fahrplanplanung und die Möglichkeiten zur mittel- und langfristigen Optimierung der Infrastrukturen. SNCF und CFL teilen die Idee, dass der Korridor Metz–Luxemburg mit seiner dynamischen Entwicklung der Fahrgastnachfrage und der Notwendigkeit, Frachtkapazitäten im Rahmen eines europäischen Korridors zu gewährleisten, ein interessanter Kontext für die Erprobung und Bewertung der Auswirkungen dieser neuen Betriebstechnologie ist. SMA wurde daher beauftragt, eine Sondierungsstudie auf diesem Korridor durchzuführen, um die Leistungsverbesserungen (Kapazität und Robustheit) durch die GoA2-Automatisierung zu bewerten.

Die Auswirkungen eines GoA2-ATO-Systems auf die Planungsstandards der beiden Länder wurden evaluiert und anschliessend die theoretischen Gewinne berechnet, die dieses System für die Fahrplanplanung bringt. Bekannte Fahrplankonzepte für zwei Zeithorizonte wurden durch Anwendung der identifizierten theoretischen Fahrzeitgewinne ausgearbeitet. Die anschliessende dynamische Simulation mit einem mikroskopischen Modell diente der Bewertung der Robustheit dieser Konzepte.

Die Studie hat trotz ihres explorativen Charakters mit einer Reihe von vereinfachenden Annahmen in der Simulation die Grössenordnung der potenziellen Gewinne hervorgehoben, die vom Einsatz eines GoA2-ATO-Systems zu erwarten sind. Sie hat auch die Notwendigkeit weiterer Analysen aufgezeigt, um ein breiteres Spektrum an potenziellen Gewinnen im Betrieb zu untersuchen.

## NIEDERLANDE



### **Provinzen Zeeland, Noord-Brabant und Limburg: Validierung der langfristigen Bahnentwicklung**

Die südlichen niederländischen Provinzen Zeeland, Noord-Brabant und Limburg wollen eine kohärente Planung für die Bahnentwicklung der drei Provinzen definieren und sich insbesondere bezüglich des (inter)nationalen ÖV-Netzes positionieren. Die Angebotsziele der südlichen Provinzen weichen leicht von der nationalen Planung ab und einige regionale Ziele wurden darin nicht berücksichtigt. Die Entwicklung eines regionalen Angebotskonzepts soll diese Ziele objektiv bewerten und damit eine bessere Einflussnahme auf das vorgeschlagene Netz ermöglichen. Es schafft eine bessere Grundlage und dient als Argumentationshilfe im Hinblick auf die Verhandlungen mit den nationalen Behörden.

Die Validierung des Schienennetzes im Süden der Niederlande hat ein Angebotskonzept geliefert, das die Beziehung zwischen Angebot und infrastrukturellem Ausbau verdeutlicht. Die Entwicklung eines Angebotskonzepts hat auch mehr Informationen über die mögliche Integration der geplanten Angebote geliefert und einige potenzielle Win-Win-Situationen auf nationaler und internationaler Ebene identifiziert bezüglich unserer Planungen in Deutschland (Deutschlandtakt) und möglicher Entwicklungen in Belgien.

Zusätzlich wurde die Studie im Sinn eines Expertenurteils als Grundlage für die Bewertung verschiedener Optionen für die internationale Erreichbarkeit von Breda und die möglichen Optionen für die Entwicklung des Hochfrequenzkorridors zwischen Eindhoven und Amsterdam verwendet.

Schliesslich hat SMA eine Roadmap 2030-2040 für Angebot und Infrastruktur vorgeschlagen, die auf der Identifizierung spezifischer Möglichkeiten und Verkehrsprognosen Dritter basiert.

## PORTUGAL



**Infraestruturas de Portugal (IP): Strategie für die Entwicklung des nationalen Schienennetzes** Die Umsetzung der im Nationalen Investitionsprogramm 2030 (PNI 2030) empfohlenen Infrastrukturinvestitionen erfordert, dass die Eisenbahn zu einem strukturellen Verkehrsträger auf allen Ebenen (international, national, regional und grosstädtisch) wird. Um dieses herausfordernde Ziel zu erreichen, beabsichtigt IP einen nationalen Strategieplan zu erstellen. Um den Bedürfnissen und Herausforderungen der kommenden Jahrzehnte gerecht zu werden, wird ein integrierter strategischer Planungsprozess gestartet. Er soll dazu dienen, die benötigte Infrastruktur zu identifizieren und zu optimieren, um die gegebenen Angebotsziele zu unterstützen.

Mehrere Projekte zur Entwicklung der Schieneninfrastruktur in den letzten Jahren hatten das Ziel, Engpässe zu beseitigen, zusätzliche Kapazitäten und neue Verbindungen und damit die Voraussetzungen für eine Aufwertung des Angebots zu schaffen. Diese Projekte betreffen das ganze Land und beinhalten strategische Projekte wie beispielsweise die neue Hochgeschwindigkeitsstrecke Porto–Lissabon, die neue Überquerung des Douro-Flusses oder die dritte Brücke über den Fluss Tejo (TTT). Die Untersuchungen dieser Infrastrukturprojekte erfolgten teilweise losgelöst vom Umfeld und vor unterschiedlichem Hintergrund.

IP hat SMA beauftragt, eine Methodik zu definieren, welche die Grundelemente eines Masterplans für die Entwicklung des nationalen Eisenbahnnetzes festlegt. Die Studie in Zusammenarbeit mit den betroffenen Abteilungen von IP berücksichtigt die wichtigsten Eisenbahninvestitionen, die im Rahmen des PNI 2030 geplant sind, sowie die damit verbundenen Angebotslevels auf internationaler, nationaler, regionaler und grosstädtischer Ebene. Die grundlegenden Elemente berücksichtigen makroskopische Angebotskonzepte, die Möglichkeiten von Anschlussknoten sowie die Karten mit dem Angebot. Die resultierenden Angebotsplanungen dienen als Input für die nächsten Schritte des Masterplans.





# Kommunikation

Das Jahr 2020 war aufgrund der Pandemie im Hinblick auf Veranstaltungen und Anlässe natürlich vor allem durch Verschiebungen, Ausfälle und alternative Online-Events geprägt.

Wir haben das Jahr 2020 dafür genutzt, unsere Social Media Aktivitäten auszubauen. Auf dem LinkedIn-Profil von SMA posten wir regelmässig Neuigkeiten zu interessanten Projekten aus dem Bereich Consulting sowie spannende News zu neuen Produkten und zu Forschungs-&Entwicklungs-Aktivitäten aus dem Bereich Software.

Besuchen Sie uns auf LinkedIn:



## Publikationen und Vorträge

EUROPEAN TRANSPORT REGULATION OBSERVER Policy Brief – Edition 2020/01 Robert Schuman Centre, Florenz Januar 2020	<b>Digitalisation of the (International Freight) Capacity Planning/Production Process: Challenges and Solutions</b> Eric Cosandey
Järnvägspolitiska strategigrupp Stockholm, Schweden März 2020	<b>TAKT – A vision for Sweden (online)</b> Frederik Ropelius
Haute École d'Ingénierie et de gestion du canton de Vaud (HEIG-VD) Yverdon-les-Bains, Schweiz März 2020	<b>Conception de l'offre en réseau et cadencement CAS Transport Public</b> Clément Haller
EPFL Lausanne, Schweiz April 2020	<b>Online lecture: Timetable Saturation in Practice with Methods from Operations Research</b> Matthias Hellwig
Haute École d'Ingénierie et de gestion du canton de Vaud (HEIG-VD) Yverdon-les-Bains, Schweiz Mai 2020	<b>Planification des dépôts (sites d'entretien) &amp; ateliers de maintenance CAS Transport Public (online)</b> Clément Haller (mit SBB-P)



# Kennzahlen

Trotz aller betrieblichen Einschränkungen im Zusammenhang mit der Pandemie, zeigt der Bruttoumsatz 2020 der SMA-Gruppe im Vergleich zum Vorjahr wieder ein schönes Wachstum.

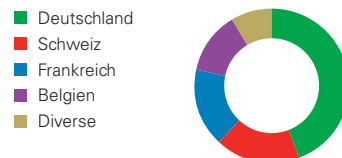
Der Consulting-Bereich konnte eine gesunde und solide Konsolidierung des Wachstumstrends bestätigen. Die Diversifizierung unserer Aktivitäten in Bezug auf Geografie, Kundentypen und Geschäftsfelder untermauert die Robustheit dieses Trends.

Unser Software-Bereich verzeichnete einen starken Umsatzanstieg im Bereich Wartung und Lizenzierung, wobei sowohl Viriato Standard- und Enterprise-Lizenzen als auch Zusatzmodule verkauft wurden. Dies ist ein deutliches Zeichen, dass die Investitionen im Bereich Forschung & Entwicklung der vergangenen Jahre in die richtigen Schwerpunkte geflossen sind. Unsere Software-Dienstleistungen fanden vor allem weiterhin bei unseren grossen Kunden statt und sind stabil geblieben.

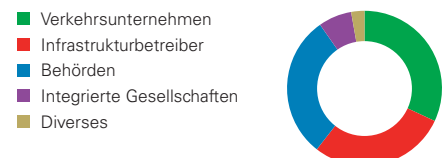
Kennzahlen*	2020	2019
Umsatz brutto (Mio. CHF)	14,2	13,4
Mitarbeitende (Vollzeitstellen)	67	64

\*inkl. Tochtergesellschaften

## Umsatz nach Ländern



## Umsatz nach Auftraggebern



## Umsatzentwicklung 1988 – 2020 (Mio. CHF)



**Text und Redaktion**

SMA und Partner AG, Zürich

**Visuelles Konzept**

Eggmann-Design, Grüningen

**Druck**

Linkgroup, Zürich

**Bildernachweis****Umschlag**

Raphael Metzger|rme-fotografie.ch

**Seite 7**

Pixabay.com

**Seite 13**

Pexels.com

**Seite 19**

Pixabay.com

**Seite 27**

Pixabay.com

**Seite 33**

wallpapers-web.com

**Seite 39**

Pexels.com

**Seite 45**

Pixabay.com

© SMA und Partner AG|Juni 2021



**Hauptsitz**

SMA und Partner AG  
Gubelstrasse 28  
8050 Zürich, Schweiz

**Niederlassung**

SMA et associés SA  
Avenue de la Gare 1  
1003 Lausanne, Schweiz

**Tochtergesellschaften**

SMA (Deutschland) GmbH  
Hamburger Allee 14  
60486 Frankfurt, Deutschland

SMA (France) SAS  
45/47 Rue d'Hauteville  
75010 Paris, Frankreich

[info@sma-partner.com](mailto:info@sma-partner.com)  
[www.sma-partner.com](http://www.sma-partner.com)